

THESIS

MUNICH

1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

DIE FETALE ELEKTROKARDIOGRAPHIE
IN VERSCHIEDENEN STADIEN
DER SCHWANGERSCHAFT

Hannelore/Tecklenburg



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DIE FETALE ELEKTROKARDIOGRAPHIE
IN VERSCHIEDENEN STADIEN
DER SCHWANGERSCHAFT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Hannelore Tecklenburg
aus München

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. G. MARTIUS
Mitberichterstatter:	Professor Dr. W. BICKENBACH
Dekan:	Professor Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 25. 1. 1966

INHALT

	Seite
I. EINLEITUNG	5
II. LITERATUR	6
a) Entwicklung der fetalen Elektrokardiographie als diagnostische Methode	6
b) Begriffsbestimmungen der fetalen Elektrokardiographie	7
c) Ursachen für ein Versagen der elektrokardiographischen Methode	8
III. UNTERSUCHUNGSMATERIAL UND UNTERSUCHUNGS- METHODIK	11
a) Untersuchungsgut	11
b) Voraussetzungen zur Registrierung eines Abdominalelektrokardiogramms	11
c) Beschreibung der Apparatur	12
d) Versuchsanordnung	12
IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	14
a) Methodik der Auswertung von Abdominalelektrokardiogrammen	14
b) Erörterung eigener Befunde	15
V. ZUSAMMENFASSUNG	21
VI. LITERATURVERZEICHNIS	24

I. EINLEITUNG

Durch die fetale Elektrokardiographie, das heißt die Registrierung einer Aktionsstromkurve von der Bauchwand der schwangeren Frau, ist die gleichzeitige Betrachtung von mütterlichen und fetalen Herzaktionspotentialen möglich. Während die mütterliche Potentialrate im Abdominalelektrokardiogramm einem vollständigen Elektrokardiogramm entspricht, weist die fetale Rate nur den Kammerinitialkomplex auf. Es ergibt sich, daß die diagnostischen Möglichkeiten der fetalen Elektrokardiographie nicht auf kardiologischem sondern vielmehr auf geburtshilflichem Gebiet liegen. Die fetale Elektrokardiographie bietet neben den palpatorischen, auskultatorischen und röntgenologischen Untersuchungsverfahren an der schwangeren Frau die Möglichkeit, das feinste Symptom fetalen Lebens objektiv und dokumentarisch darzustellen.

Diese Arbeit hat sich zur Aufgabe gemacht, die fetale Elektrokardiographie an achtzig Frauen in verschiedenen Stadien der Schwangerschaft auf die Brauchbarkeit als diagnostische Methode in der Geburtshilfe zu untersuchen.

II. LITERATUR

a) Entwicklung der fetalen Elektrokardiographie als diagnostische Methode

1906 wurden erstmalig graphische Darstellungen veröffentlicht, welche "Andeutungen eines fetalen Elektrokardiogramms" enthalten. Mit Hilfe eines Saitengalvanometers nach EINTHOVEN gewann CREMER (1) von Graviden im letzten Schwangerschaftsmonat Kurvenbilder, die er wie folgt beschreibt: "Jede Herzperiode läßt im wesentlichen zwei von der Mutter herrührende Zacken erkennen: eine sehr spitze, nach unten gerichtete und eine zeitlich sich länger hinziehende zwischen jenen spitzen Zacken gelegene. Daneben sieht man als feinen Absatz in der Kurve, zu den mütterlichen Zacken ganz verschieden gelegen, den Ausdruck der Ventrikelkontraktionen des Fötus." Zu den veröffentlichten zwei Kurvenzeichnungen wird bemerkt, daß sie in der Reproduktion "bei weitem nicht das Originalnegativ erreichen, in dem die fötalen Zacken scharf sichtbar sind."

Bis 1933 blieben weitere Untersuchungen über dieses von CREMER entdeckte Phänomen wenig erfolgversprechend. 1922 berichtete SACHS (2) von seinen vergeblichen Versuchen, das Elektrokardiogramm eines Fötus mit einem Spulengalvanometer indirekt abzuleiten. Es erschien ihm zu willkürlich, ein fetales Elektrokardiogramm mit Sicherheit zu identifizieren, da auf seinen Kurven die vielen kleineren Erhebungen zwischen den höheren Zacken wesentlich zahlreicher waren als die kindlichen Herzschläge, und da die Ableitung von einem männlichen Individuum ein Kurvenbild mit ebensolchen vielen kleinen Zacken ergab. Ebenso erbrachten Elektrokardiogrammstudien am Fötus in utero von HAYNAL u. KELLNER (3) 1924 kein eindeutiges Ergebnis, da bei Kontrollversuchen an Nichtschwangeren und Männern ebenfalls "kleinere wellenförmige Erhebungen" registriert wurden. In einer 1931 von RECH (4) verfaßten Arbeit wird die Auffassung vertreten, daß die Registrierung des fetalen Elektrokardiogramms mit Ableitung von der Mutter kaum jemals möglich sein würde. Es wird jedoch eingeräumt, daß eine unmittelbare Abnahme der Aktionsströme vom Feten selbst - durch Einstechen isolierter Nadelelektroden durch die mütterlichen Weichteile in den Fruchtkörper - im Tierexperiment ausgezeichnete Erfolge geliefert habe und daß diese Methode auch beim Menschen zweifellos gelingen würde, stände sie aus naheliegenden Gründen nicht außer Diskussion.

Demgegenüber steht die 1930 erschienene Arbeit von MAEKAWA u. TOYOSHIMA (5). Es gelang ihnen mit einem Spezialgerät ein sicheres Elektrokardiogramm eines Kindes während seines letzten intrauterinen Lebensmonats zu gewinnen. 1933 veröffentlichten STEFFAN u. STRASSMANN (6) die aufgenommene Kurve einer Schwangeren, deren berechneter Termin bereits überschritten war. Diese Kurve läßt neben den mütterlichen Herzphasen Kurvenschwankungen erken-

nen, die einen schnelleren Rhythmus aufweisen und mit Sicherheit auf das Kind bezogen werden können.

Seit 1938 gingen die Bemühungen dahin, die fetale Elektrokardiographie der geburtshilflichen Diagnostik nutzbar zu machen (STRASSMANN u. MUSSEY (7), BELL (8), JOHNSON (9), PÜTZ u. ULLRICH (11), DRESSLER (12), MANN u. BERNSTEIN (13), WARD u. KENNEDY (14), EICHLER u. CLARUS (15), BORTER (16)). In einer 1953 erschienenen Arbeit betont SCHÖMIG (21) die klinische Bedeutung des pränatalen Elektrokardiogramms besonders hinsichtlich der Diagnosesicherung bei Verdacht auf einen intrauterinen Fruchttod. Spätere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Methode der fetalen Elektrokardiographie außerdem noch die Diagnose über die Anzahl der lebenden Feten sowie die Sicherung objektiver Aussagen über Rhythmus und Frequenz der kindlichen wie mütterlichen Herzaktion und deren wechselseitiger Beziehung ermöglicht. Bei besonderen technischen Voraussetzungen liefert die fetale Elektrokardiographie Aussagen über den Reifegrad des Kindes. Die Möglichkeit der pränatalen Diagnose von congenitalen Herzfehlern ist jedoch umstritten.

b) Begriffsbestimmungen der fetalen Elektrokardiographie

Unter Elektrokardiogramm verstand MAX CREMER (1) "die Registrierung der Herzbewegung mittels der Aktionsströme, die diese Herzbewegung wie jede andere Muskelkontraktion begleiten." Das Elektrokardiogramm gestattet die Betrachtung des elektrischen Geschehens nach Größe und Richtung am Herzmuskel.

Unter Fetalelektrokardiogramm ist die Registrierung fetaler Herzaktionspotentiale zu verstehen. Das fetale Elektrokardiogramm kann auf direktem und indirektem Wege gewonnen werden. Die direkten Ableitungen werden durch Einstechen von Nadelelektroden in den Feten gewonnen. Bei den indirekten Ableitungsverfahren werden die fetalen Herzaktionspotentiale von den Extremitäten oder der Bauchwand der Mutter abgeleitet.

Der Begriff Abdominalelektrokardiogramm bezeichnet lediglich die Registrierung von Herzaktionsströmen im Bereich des Bauchraumes durch Anlegen von Ableitungselektroden an das Abdomen. Der Kurvenzug zeigt als permanente Erscheinung den mütterlichen Ventrikelkomplex, welcher synchron mit der Systole auftritt. Diese Zacken werden in ihrer quantitativen Ausprägung hauptsächlich vom Elektrodenabstand, in ihrer formalen Genese von der Lagebeziehung der Elektroden zur Herzachse bestimmt (22).

Die fetalen Ausschläge sind in einem solchen Abdominalelektrokardiogramm daran erkennbar, daß sie sich diesem Grundrhythmus als frequent wieder-

kehrende, ein- bis dreiphasische kleinere Zacken überlagern (siehe Abb. 1).

Der fetale Ursprung der kleinen, rhythmisch auftretenden Ausschläge läßt sich durch die Simultanschreibung eines Phonokardiogramms eindeutig beweisen (19).

c) Ursachen für ein Versagen der elektrokardiographischen Methode

Ein Versagen der elektrokardiographischen Methode kann durch verschiedene Faktoren bedingt sein. Von ihnen seien hier genannt: die Ableitungsmethodik, der Widerstand der abdichtenden Medien und Wechselstromeinbruch.

Frühere Experimente unterlagen vor allem der technischen Unzulänglichkeit der Apparaturen. So lieferten Untersuchungen mit dem Saitengalvanometer (1) und Spulengalvanometer (2) keine eindeutigen Ergebnisse, während es später mit Hilfe eines hochverstärkten Gerätes gelang, kindliche Ausschläge von 1 cm Höhe (19) und sogar 3,5 cm Höhe zu registrieren (23).

Die Ableitungsmethodik ist von ausschlaggebender Bedeutung für das Auftreten von kindlichen Zacken. Sie soll deswegen in ihren Entwicklungsphasen kurz zusammengefaßt dargestellt werden. Bei abdominal-vaginaler und abdominal-rectaler Ableitung wurden "Andeutungen" des fetalen Elektrokardiogramms registriert (1); Versuche mit eigens konstruierten Saugelektroden bei abdominal-rectaler Ableitung waren erfolglos (2). Während die ersten Untersuchungen mit rein abdomineller Ableitungstechnik durch Anlegen der Elektroden über der Gegend des Fundus uteri und oberhalb der Symphyse keine unanfechtbaren Ergebnisse brachten (3), gelang es einige Jahre später mit eben dieser Abgriffstechnik ("Leading off from the points on the front abdominal surface of its mother, one corresponding to the head and the other to the buttocks of the fetus") sowie mittels eines Spezialgerätes, ein sicheres fetales Elektrokardiogramm zu gewinnen (4). Andere Autoren fixierten die Ableitungselektroden an den für eine Standard-Elektrokardiogrammaufnahme üblichen Ableitungsstellen sowie vergleichsweise an den Bauchseiten und Oberschenkeln der Mutter. Die registrierten Kurvenschwankungen enthielten Amplituden, die nicht größer waren als in den üblichen Ableitungen II und III. Daraus wurde zunächst gefolgert, daß die Entfernung der Ableitungsorte vom kindlichen Herzen keine bedeutende Rolle spiele (6). In einer folgenden Arbeit desselben Verfassers heißt es dagegen, die Elektroden seien nunmehr bei den Untersuchungen proximal an den Extremitäten befestigt worden, damit möglichst wenig von den fetalen Impulsen verloren würde. Zur Ableitung der Potentiale wurden fünf Hauptrichtungen gewählt, und zwar die Richtungen, welche die kindliche Herzachse im Körper der Mutter wahrscheinlich einnimmt. Die Elektroden wurden am rechten Arm - linken Arm, rechten Arm - linker Hüfte, linken Arm - linker Hüfte, rechten Arm - rechter Hüfte, linken Arm - rechter Hüfte angelegt. Die Erfolgsquote an fetalen Elektrokardiogrammen wurde mit 87 % ange-

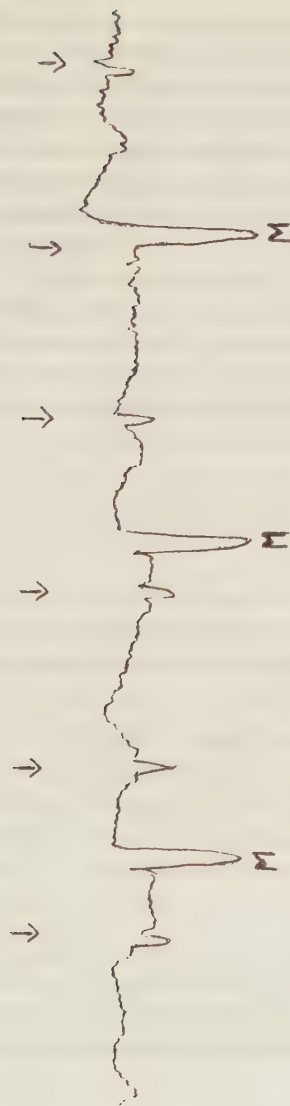


Abb. 1 Abdominalelektrokardiogramm einer Schwangeren der 40. Woche,
bei Geburtsbeginn aufgenommen.
Fetaler QRS-Komplex (↓), mäterner QRS-Komplex (M).
Fetale Frequenz 135/min., mäterne Frequenz 60/min.
Fetaler QRS-Komplex nach unten gerichtet (Schädellage).

geben (7). Bei einer Nachkontrolle mit dieser Abgriffstechnik ergab sich jedoch nur eine Erfolgsquote von 17 % (16). Im Verlauf der weiteren Entwicklung der fetalen Elektrokardiographie wurde festgestellt, daß die fetalen Ausschläge in Abdominalableitungen leichter zu identifizieren sind als in Standardableitungen. Dieses geht aus Untersuchungen hervor, in denen erstens nach den drei Standardableitungen die Elektrode des linken Beins auf den rechten Oberschenkel versetzt wurde und zweitens nach der Entfernung der Elektroden von den Extremitäten zwei Elektroden auf das Abdomen in folgenden sechs Positionen angebracht wurden: rechter oberer Quadrant - Symphyse, Epigastrium - Symphyse, linker oberer Quadrant - Symphyse, rechter oberer Quadrant - linker oberer Quadrant, rechte Umbilicalregion - linke Umbilicalregion, rechter unterer Quadrant - linker unterer Quadrant (18). In neueren Untersuchungen wird auf die besondere Bedeutung der Elektrodenapplikation über den Fruchttenden hingewiesen (16). Als Methode der Wahl hat sich der abdominale "Fruchtpolabgriff" oder "Fruchtachsenabgriff" ergeben. Dabei werden die Elektroden über den Polen der Fruchtachse an das Abdomen der Mutter angelegt oder angesaugt. Da beim Feten die anatomische und elektrische Herzachse sowie die Fruchtachse weitgehend zusammenfallen, werden mit dem in Verlängerung der elektrischen Herzachse liegenden "Fruchtachsenbegriff" die größten Ausschläge erzielt.

Der Widerstand der abdichtenden Medien zwischen Fetus und Ableitungselektroden wurde als weitere Ursache für das Nichtgelingen eines fetalen Elektrokardiogramms diskutiert.

Der Vernix caseosa ist eine extrem niedrige spezifische Leitfähigkeit ($1,2 \cdot 10^{-8} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) eigen. Eine enge Abhängigkeit der Fetalzackenamplitude von der Beschaffenheit der kindlichen Hautoberfläche und besonders der Vernix-caseosa-Schicht wurde bewiesen (24).

Das Fruchtwasser mit der spezifischen Leitfähigkeit von $86 \cdot 10^{-4} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ist seiner Synthese nach im Vergleich zum Blutserum stark hypertonisch und wurde für die Neutralisation von Potentialdifferenzen verantwortlich gemacht (2). Von anderer Seite wird dem Fruchtwasser keine wesentliche Rolle bezüglich der Versagerquote fetaler Elektrokardiogramme zugeschrieben. Es sind nach Blasensprung negative Resultate gesehen worden (8) und es wurde bei einem Fall mit Hydramnion ein positives Resultat erzielt (16).

Adipöse Bauchdecken leiten schlecht. Die starken individuellen Schwankungen bei gleichen Dickenverhältnissen der Bauchwand werden durch den verschiedenen Elektrolytgehalt der Gewebe eines jeden menschlichen Körpers bedingt erklärt (16).

Wechselstromeinbruch, wandernde Nulllinie und Verzitterungen der Kurve sind Schwierigkeiten, die bei jeder Registrierung von Stromkurven auftreten und somit auch die Auswertbarkeit eines fetalen Elektrokardiogramms in Frage stellen können.

III. UNTERSUCHUNGSMATERIAL UND UNTERSUCHUNGSMETHODIK

a) Untersuchungsgut

An der I. Frauenklinik und Hebammenschule der Universität München wurden in der Zeit von Anfang Mai 1962 bis Ende Oktober 1963 von achtzig schwangeren Frauen in verschiedenen Stadien der Gravidität Abdominalelektrokardiogramme aufgenommen. Die Schwangeren waren teils Patientinnen der Schwangerenberatung und teils Patientinnen der Konservativen-, Septischen- und Wöchnerinnenstation. Aus dieser Untersuchungsreihe wurden neun Abdominalelektrokardiogramme zur Abbildung im Text ausgewählt.

b) Voraussetzungen zur Registrierung eines Abdominalelektrokardiogramms

Das Arbeiten unter technischen Optimalbedingungen ist unbedingt erforderlich, um brauchbare Resultate zu erzielen. Früher beschriebene Versager durch zu kleine Fetalzacken oder Nulllinienunruhe lassen sich heute durch technische und methodische Verbesserungen leichter vermeiden. Die durch die Apparatur gegebenen Möglichkeiten, welche zur Vergrößerung der kindlichen Ausschläge beitragen, sind in dem Kapitel "Beschreibung der Apparatur" im einzelnen dargestellt. Wesentlich ist, daß die Fetalzacken größer registriert werden durch:

1. Verstärkung des Aufnahmegerätes
2. Erweiterung des Frequenzbandes nach oben; Frequenzanalysen der kindlichen Kammeranfangsschwankung haben ergeben, daß das Maximum der Schwingungen unter 50 Hz liegt, daß aber bei der kindlichen R-Zacke im Gegensatz zur niederfrequenten mütterlichen R-Zacke, deren Maximum der Schwingungen unter 30 Hz liegt, auch ein Teil schnellerer Frequenzen vorhanden ist (23).
3. Beschneidung der schnellen Frequenzen mit einer niedrigen Frequenzblende zur weitgehenden Elimination von Überlagerungen durch Muskelaktion und Wechselstrom.
4. Ableitung über den Fruchtpolen am Ende der Gravidität: "Fruchtachsenabgriff" bzw. an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten der Uteruskontur während des II. und zu Beginn des III. Schwangerschaftstrimenon: "Uteruskonturabgriff". Beim Feten fallen anatomische und elektrische Herzachse sowie Fruchtachse weitgehend zusammen; der in Verlängerung der elektrischen Herzachse liegende Abgriff erzielt die größten Ausschläge.

Durch die Beachtung folgender Punkte wurde bei den eigenen Untersuchungen der Nulllinienunruhe entgegenzuwirken versucht:

1. Abdominelle Abgriffsmethode; bei Ableitung in der Mediallinie ist die Registrierung meist frei von Muskelaktionsstromstörungen.
2. Einfache Erdung von Apparat und Patientin; dieses genügt als Abschirmung gegen Wechselstrom.
3. Beruhigende Behandlung und Aufklärung der Patientin über die Schmerzlosigkeit der Untersuchung; es wird dadurch weitgehend Störungsfreiheit besonders gegen anderweitige Aktionsströme bewirkt.
4. Gute Hautvorbereitung an den Ableitstellen mit Äther und Elektrodengelee.
5. Verwendung von Saugelektroden.

Bei sehr unruhigen Patientinnen wird von SCHÖMIG (23) der Versuch einer medikamentösen Vorbehandlung mit Luminaletten, Hovaletten oder Provaletten vorgeschlagen. Wenn dann trotz bequemer Lagerung der Patientin nach Ablauf einer Wartezeit von fünf bis zehn Minuten noch keine Nulllinienberuhigung eingetreten ist und klinisch ein Abdominalelektrokardiogramm zur Klärung des Falles unbedingt notwendig erscheint, kommen leicht verträgliche Muskelrelaxantien wie Magnesiumsulfat eventuell in Verbindung mit einer kurzen Barbituratnarkose in Betracht. SCHÖMIG beschreibt einen Fall, bei dem eine Hypnose angewandt wurde.

Auf eine medikamentöse Vorbehandlung der Schwangeren zur psychischen und physischen Entspannung ergab sich bei der eigenen Untersuchungsreihe keine Notwendigkeit.

c) Beschreibung der Apparatur

Zur Darstellung der Abdominalelektrokardiogramme stand der hochverstärkte, direktregistrierende, störungsresistente Elektrokardiograph "Cardioscript" (Schwarzer, München-Pasing) zur Verfügung. Durch einen besonderen Verstärkereinsatz beträgt die maximale Empfindlichkeit des Gerätes in Verbindung mit dem Hauptverstärker etwa 50 mV für 10 mm Registrieramplitude. Die Zeitkonstante dieses Einsatzes beträgt 0,1 sec. Die erforderlichen Bedienungselemente des Verstärkereinsatzes sind auf der Pultplatte des "Cardioscript" angeordnet. Der Anschluß der Untersuchungsperson an den Verstärkereinsatz erfolgt über ein besonderes Patientenkabel. Die entsprechende Eingangsbuchse ist auf der Pultplatte des Gerätes in einem speziellen Einsatz angebracht.

d) Versuchsanordnung

Die Abdominalelektrokardiogramme wurden nach der von WIMMER (22) angegebenen Technik aufgenommen;

1. Die Patientin wird auf einer geerdeten Liegestatt in bequeme Rückenlage ge-

bracht. Die Bauchdecken sollen gut entspannt sein, um störende Muskelstrominterferenzen zu vermeiden.

2. Die für die Elektroden vorgesehenen Hautstellen werden mit Äther entfettet und mit Elektrodenpaste (Conducta-EKG-Gelee) leicht eingerieben. Hierdurch soll ein kleiner Hautübergangswiderstand überwunden sowie eine bessere Elektrodenlage erzielt werden.
3. Am entblößten Abdomen orientiert sich der Untersucher mit Hilfe des I. und II. Leopoldschen Handgriffs über Uterusfundusstand, Uterusform und über den Verlauf der Fruchtachse. Bei Graviden im letzten Schwangerschaftstrimenon wird über den beiden Längspolen der Frucht je eine Saugelektrode auf die vorbereitete Bauchhaut gebracht: "Fruchtachsenabgriff". Die kranial oder rechts liegende Elektrode wird mit einem normnegativen Stecker, die kaudal oder links liegende Elektrode mit einem normpositiven Stecker des Ableitkabels verbunden. Bei Graviden im mittleren Schwangerschaftstrimenon, bei denen die kindliche Rumpfachse gewöhnlich nicht herauszutasten ist, richtet man sich nach der Form der Gebärmutter. Als Abgriffsorte werden zwei möglichst diametral gegenüberliegende Punkte der Uteruskontur gewählt: "Uteruskonturabgriff". Nach Ansaugen der Erdungselektrode am linken Oberschenkel beginnt die Registrierung.

IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

a) Methodik der Auswertung von Abdominalelektrokardiogrammen

Die Kurven werden mit Hilfe von Zirkel, Zentimetermaß und Vergrößerungsglas ausgewertet. Die fetalen QRS-Komplexe haben in derselben Ableitung stets dieselbe Größe, Form, Richtung und meist den gleichen Abstand. Sie treten unabhängig vom Rhythmus der mütterlichen Herzaktion auf. Vereinzelt registrierte Zacken sagen nichts aus. Fetale Zacken verschwinden nur, wo sie von stärkeren mütterlichen Zacken zeitlich genau überlagert sind. Lassen sich die fetalen Herzaktionspotentiale während der ganzen Registrierung verfolgen, so kann das gewonnene Kurvenbild als "fetales Elektrokardiogramm" bezeichnet werden (siehe Abb. 2 und Abb. 3).

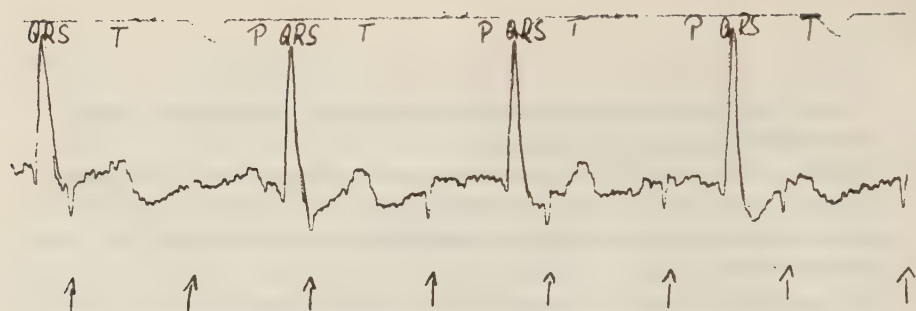


Abb. 2 Fetales Elektrokardiogramm

H. Z., 38. Schwangerschaftswoche, Fruchtachsenabgriff

Fetaler QRS-Komplex (↑)

Fetale Frequenz 152/min., materne Frequenz 80/min.

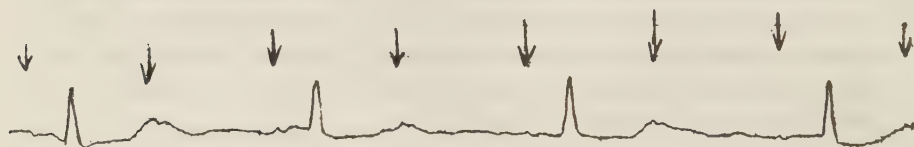


Abb. 3 Fetales Elektrokardiogramm

A. M., 26. Schwangerschaftswoche, Uteruskonturabgriff

Fetaler QRS-Komplex (↓)

Fetale Frequenz 150/min., materne Frequenz 80/min.

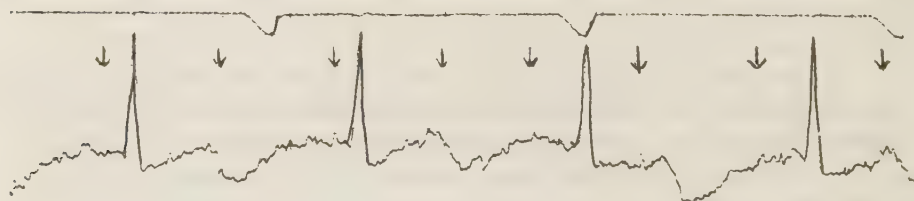


Abb. 4 Fetales Elektrokardiogramm

L. S., 18. Schwangerschaftswoche, Uteruskonturabgriff

Fetaler QRS-Komplex (↓)

Fetale Frequenz 150/min., materne Frequenz 90/min.

Ein fetales Elektrokardiogramm ist ein voller Beweis für das Leben eines Fetus. Eine ruhige Nulllinie am Ende der Gravidität bei Fruchtachsenabgriff spricht mit hoher Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines Fetus mortuus.

Die weitere Auswertung von Abdominalelektrokardiogrammen wird nach folgenden klinisch-praktischen und wissenschaftlichen Gesichtspunkten vorgenommen: Klärung der Kindslage und Stellung des kindlichen Rückens, Nachweis von Mehrlingsschwangerschaften, Aussagen über den Reifegrad des Kindes sowie über zeitliche Wechselbeziehungen von mütterlicher und kindlicher Herzaktion. Die Frage der pränatalen Diagnose von congenitalen Herzfehlern ist hingegen sehr umstritten, da von dem fetalen Herzaktionspotential lediglich die Kammeranfangsschwankungen registriert werden.

b) Erörterung eigener Befunde

Der früheste Zeitpunkt, zu dem es bei den eigenen Untersuchungen gelang, ein Abdominalelektrokardiogramm mit fetalen Ausschlägen zu gewinnen, lag in der 18. Schwangerschaftswoche (siehe Abb. 4). Während bei den eigenen Untersuchungen in der 14., 15., 16. und 17. Schwangerschaftswoche keine fetalen Ausschläge registriert werden konnten, geben MANN und BERNSTEIN (13) und WARD (14) die 16./17. Schwangerschaftswoche, WIMMER (22) die 17. Schwangerschaftswoche als frühesten Zeitpunkt für die Registrierung von fetalen Ausschlägen an.

Die Klärung der Kindslage ist aus der überwiegenden Richtung der fetalen Ausschläge im Elektrokardiogramm zu diagnostizieren. Bei standardgerechter Polung der Elektroden und bei Spannungsabgriff in der Fruchtachse zeigt der fetale Hauptausschlag kranialwärts, was sich aus der rechtstypischen Einstellung der elektrischen Herzachse des Feten ergibt (22). Bei Schädellagen zeigt der fetale QRS-Komplex nach unten (siehe Abb. 5), bei Beckenendlagen ist er nach oben entwickelt (siehe Abb. 6).

Nach WIMMER (24) werden bei linken Querlagen nach unten gerichtete,

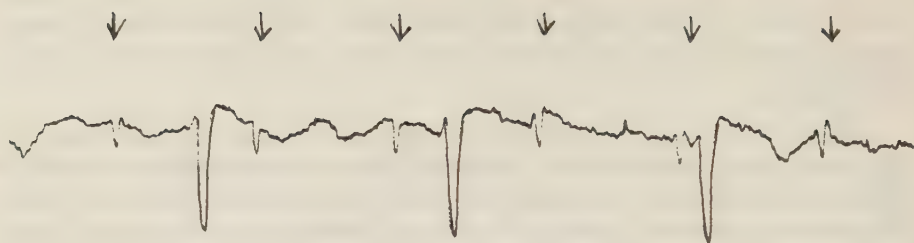


Abb. 5 Fetales Elektrokardiogramm
 40. Schwangerschaftswoche, Fruchtachsenabgriff
 Fetal QRS-Komplex (↓)
 Fetale Frequenz 120/min., materne Frequenz 86/min.
 Fetalzacken zeigen nach unten; Schädellage

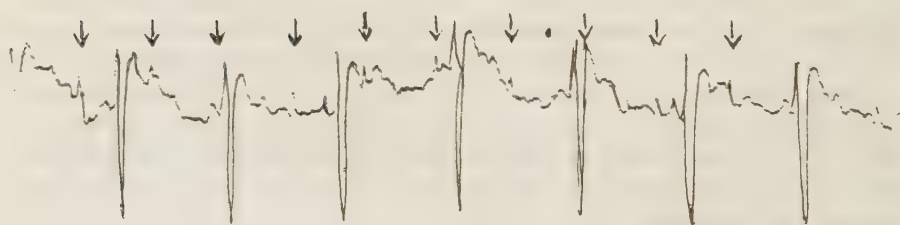


Abb. 6 Fetales Elektrokardiogramm
 38. Schwangerschaftswoche, Fruchtachsenabgriff
 Fetal QRS-Komplex (↑)
 Fetale Frequenz 135/min., materne Frequenz 90/min.
 Fetalzacken zeigen nach oben; Beckenendlage

bei rechten Querlagen nach oben gerichtete fetale Zacken registriert. In den Ausnahmefällen von etwa größengleicher Biphasität des fetalen Ausschlags läßt sich durch zusätzliche diagonale Ableitungen die geburtshilfliche Lagendiagnostik herbeiführen.

Zur Bestimmung der Stellung des kindlichen Rückens wird das "Seitenvergleichsverfahren" herangezogen. Zeigen sich bei Vergleich einer linksseitigen mit einer rechtsseitigen längsabdominalen Ableitung die stärkeren fetalen Ausschläge auf der rechten Bauchseite, so liegt der Rücken des Kindes links (siehe Abb. 7 und Abb. 8). Die Ursache hierfür wird in der exzentrischen Lage des Herzens im Brustkorb und in der dadurch bedingten asymmetrischen Widerstandsverteilung gesehen (24).

Die Sicherheit der Geminidiagnose vermag das fetale Elektrokardiogramm durch die Interferenz zweier fetaler Kurven zu erbringen. Die Abb. 9 zeigt zwei interferierende Fetalzackenrhythmen; die Ausschläge sind nach unten gerichtet. Aus dem Kurvenbild läßt sich ohne weiteres die Herzfrequenz der beiden Feten feststellen. Die Schlagfrequenz des einen Feten (a-Frequenz) beträgt 140/min., die des zweiten Feten (b-Frequenz) beträgt 130/min. (siehe Abb. 9).

Eine Aussage über die kindliche Reife ist durch charakteristische Beziehungen zwischen Fruchtentwicklung und Fetalzackenamplitude möglich (24). Dem fetalen Elektrokardiogramm kommt dadurch in Fragen der Übertragung Bedeutung zu. Die Größe der fetalen Ausschläge hängt bei konstanten Ableitungsbedingungen weitgehend von der Fruchtentwicklung ab. Je stärker das spannungserzeugende Myokard des Feten entwickelt ist und je geringer die an der Haut des Feten liegende Widerstandsschranke für die elektrischen Potentiale ist, umso größer werden die im Abdominalelektrokardiogramm registrierten Restspannungen. Die fetalen Herzaktionspotentiale, welche unter diesem diagnostischen Aspekt nur mit Spezialgeräten registrierbar sind, werden von WIMMER in drei Gruppen eingeteilt: in Niederspannungswerte bis zu 10 Mikrovolt, in Normspannungswerte von 15 Mikrovolt bis 25 Mikrovolt und in Hochspannungswerte über 25 Mikrovolt liegend.

Eine während der letzten Schwangerschaftsmonate verzeichnete fetale Hochspannung entspricht einem vollreifen Kind. Die Diagnose einer Übertragung läßt sich jedoch auf dem fetalen Elektrokardiogramm nicht mit der erforderlichen Sicherheit ableiten.

Die pränatale Diagnosestellung eines kongenitalen Herzfehlers aus dem fetalen Elektrokardiogramm ist bisher sehr umstritten. Bei einem von MANN u. BERNSTEIN (28) beschriebenen Fall mit fehlendem Interventrikularseptum wurde das fetale Elektrokardiogramm normal registriert. In einem von PLANT (29) untersuchten Fall mit vollständigem AV-Block durch das Fehlen des Hiss'schen-Bündels wurde der kindliche Ausschlag nicht verlängert registriert.

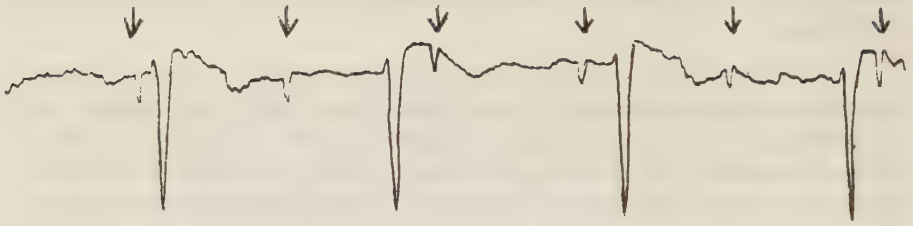


Abb. 7 Abdominalelektrokardiogramm sub partu aufgenommen
 Fetalen QRS-Komplex (↓)
 Fetale Frequenz 120/min., materne Frequenz 90/min.
 Linksseitige, längsabdominale Ableitung:
 kleine Fetalzacken

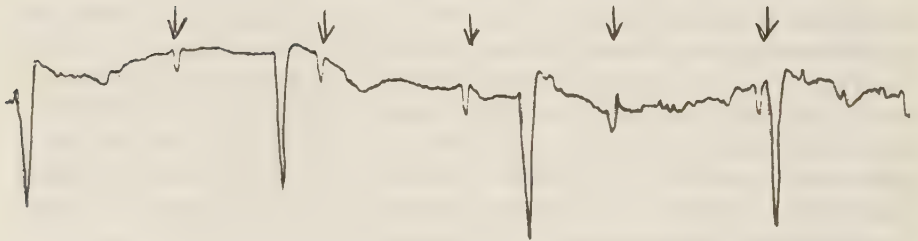


Abb. 8 Abdominalelektrokardiogramm sub partu aufgenommen
 Fetalen QRS-Komplex (↓)
 Rechtsseitige, längsabdominale Ableitung:
 größere Fetalzacken (kindlicher Rücken liegt links)



Abb. 9 Abdominalelektrokardiogramm einer Schwangeren ad terminum.

Längsabdominaler Medianabgriff.

Interferenz von zwei Fetalzackenrhythmen.

Fetaler QRS-Komplex des Zwillings a (·)

Fetaler QRS-Komplex des Zwillings b (x)

Ausschläge beider Fetalzackenrhythmen nach unten entwickelt.

Frequenz des Zwillings a 140/min.

Frequenz des Zwillings b 130/min.

Materne Frequenz 100/min.

Das wissenschaftliche Anwendungsgebiet der fetalen Elektrokardiographie erstreckt sich über Fragen der Physiologie und Pathophysiologie der Schwangerschaft und Geburt. Durch die Möglichkeit, die Kurven in Ruhe studieren zu können, sind Aussagen über zeitliche Wechselbeziehungen von mütterlicher und kindlicher Herzaktion leicht möglich. Mütterliche Rhythmusstörungen treten im Abdominalelektrokardiogramm ebenso deutlich sichtbar hervor wie in den Standardableitungen von den Extremitäten.

Die eigenen Untersuchungen ergaben einwandfreie fetale Kurvenbilder in der 21., 22., 23., 25. und 26. Schwangerschaftswoche, während der Schwangerschaftsmonate V, VI und VII, ferner in sämtlichen Fällen der 38. und 40./41. Schwangerschaftswoche. Undeutlich sichtbare fetale Ausschläge wurden während der 30. und 31. Schwangerschaftswoche registriert. Abdominalelektrokardiogramme ohne erkennbare fetale Ausschläge lieferten Ableitungen während der 30., 32. und 33. Woche der Gravidität.

Aus den Untersuchungen geht eine auffällige Häufung von Abdominalelektrokardiogrammen ohne Registrierung des fetalen QRS - Komplexes um die Wende von mens VIII zu mens IX hervor. Während der Graviditätsmonate V, VI und VII ist das spannungserzeugende Myokard des Feten bereits gut entwickelt, seine Haut ist jedoch noch zart; die fetalen Potentialschwankungen sind gut registrierbar. Um die Wende von mens VIII zu mens IX ist der Körper des Feten ganz von der isolierenden Vernix-caseosa-Schicht eingehüllt, wodurch es zu einem Minimum an registrierbaren Aktionsströmen kommt. Mit Weiterentwicklung des kindlichen Myokards und Reduzierung der Vernix-caseosa-Schicht im X. Schwangerschaftsmonat und ad terminum lassen sich die Aktionspotentiale wieder optimal abgreifen (22).

Die Versagerhäufigkeit dürfte sowohl in der Erschwerung der Ableitung um die Wende vom 8. zum 9. Schwangerschaftsmonat als auch in methodischen Mängeln bei der Durchführung der eigenen Untersuchungen liegen. Ein zu lockeres Anbringen der Saugelektroden auf der Haut bzw. Loslösung einer Elektrode während der Registrierung bewirkt Verzitterungen der Kurve, welche die Differenzierung fetaler Ausschläge unmöglich machen. Ferner werden durch nicht fruchtsachsengerechtes Anlegen der Elektroden an das Abdomen der Schwangeren unter Umständen keine fetalen Herzaktionspotentiale registriert. Schließlich verursachen Überlagerungen von Muskelaktionsströmen und Wechselstromeinbruch Kurvenzitterungen, so daß sich keine fetalen Ausschläge mehr erkennen lassen. Mehr oder weniger starke Kurvenverzitterungen traten bei allen Untersuchungen von einer gewissen mV-Verstärkung an auf. Aus diesem Grunde konnte bei der Registrierung sämtlicher Abdominalelektrokardiogramme nur ein Teil der Maximalverstärkung der Apparatur genutzt werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. FETALE ELEKTROKARDIOGRAPHIE

Die fetale Elektrokardiographie wurde von der erstmaligen Beobachtung fetaler Ausschläge in Standardelektrokardiogrammen von Schwangeren bis zur heutigen Anwendungsmöglichkeit der Methode in der geburtshilflichen Diagnostik beschrieben. Die Entwicklung der Ableitungstechnik, von den Einthoven'schen Standardableitungen zu dem abdominellen Ableitungsverfahren wurde zusammengefaßt dargestellt. Die Fehlerquellen für ein Versagen der elektrokardiographischen Methode, als da sind: Unzulänglichkeiten in der Ableitungsmethodik; Widerstand durch Vernix-caseosa-Schicht, Fruchtwasser und adipöse Bauchdecken sowie Überlagerungen durch Muskelaktionsströme und Wechselstromeinbruch wurden erläutert.

2. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

An der I. Frauenklinik der Universität München wurden von 80 schwangeren Frauen in verschiedenen Graviditätsstadien Abdominalelektrokardiogramme aufgenommen. Die Registrierung erfolgte mit dem direktschreibenden Elektrokardiographen "Cardioscript" (Schwarzer GmbH., München), dessen maximale Empfindlichkeit etwa 50mV für 10 mm Registrieramplitude beträgt. Die Ableitung der fetalen Herzaktionspotentiale erfolgte im mittleren Schwangerschaftstrimenon durch den "Uteruskonturabgriff", dabei wurden zwei Saugelektroden an zwei möglichst diametral entgegengesetzten Punkten der Uteruskontur angesaugt. Im letzten Schwangerschaftstrimenon wurden die Elektroden über den beiden Polen der Fruchtachse auf die vorbereitete Haut des Abdomens angesaugt: "Fruchtachsenabgriff".

3. BEFUNDE

Es wurden 80 Abdominalelektrokardiogramme registriert. Aus dieser Untersuchungsreihe wurden 9 Kurvenbilder ausgewählt und im Text abgebildet.

4. ERGEBNISSE

Der früheste Zeitpunkt, zu dem fetale Ausschläge registriert wurden, lag in der 18. Schwangerschaftswoche.

Die Untersuchungen ergaben einwandfreie fetale Kurvenbilder in der 21., 22., 23., 25. und 26. Schwangerschaftswoche sowie in sämtlichen Fällen der 38. und 40./41. Schwangerschaftswoche. Undeutlich sichtbare fetale Ausschläge wurden in der 30. und 31. Schwangerschaftswoche registriert. Abdominalelektro-

kardiogramme ohne erkennbare fetale Ausschläge wurden in der 30., 32. und 33. Schwangerschaftswoche abgeleitet.

Das Fehlen fetaler Ausschläge bei der Registrierung der Abdominalelektrokardiogramme in der eigenen Untersuchungsreihe läßt sich durch die bedeutende Isolierung fetaler Aktionsströme um die Wende von mens VIII zu mens IX der Gravidität, durch lockeren Sitz der Elektroden auf der Haut, durch nicht fruchtachsen-gerechtes Anlegen der Elektroden an das Abdomen und durch Überlagerung von Muskelaktionsströmen sowie Wechselstromeinbruch erklären. Wegen mehr oder weniger stark aufgetretener Kurvenverzitterungen konnte die Verstärkung des verwendeten Gerätes nur zum Teil genutzt werden.

5. BRAUCHBARKEIT DER FETALEN ELEKTROKARDIOGRAPHIE IN VERSCHIEDENEN STADIEN DER SCHWANGERSCHAFT

Die dargelegten Untersuchungen haben die Brauchbarkeit der fetalen Elektrokardiographie, besonders im letzten Schwangerschaftstrimenon, ad terminum und sub partu gezeigt. Die fetale Elektrokardiographie kann zum Nachweis kindlichen Lebens in utero neben den rein subjektiven Methoden des Abhörens der kindlichen Herztöne mit dem Stethoskop und der Beobachtung von kindlichen Bewegungen als objektives Verfahren herangezogen werden. Daraus ergibt sich, daß eine ruhige Nulllinie bei Fruchtachsenabgriff am Ende der Gravidität mit hoher Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines Fetus mortuus spricht. Als zusätzliche Methode kann die fetale Elektrokardiographie zur Klärung der Poleinstellung und Stellung des kindlichen Rückens herangezogen werden; in der Praxis erscheint die Lagediagnostik durch das Elektrokardiogramm jedoch als alleinige Methode unzuverlässig und nicht notwendig. Außerdem ist die fetale Elektrokardiographie als zusätzliche Sicherung zur Geminidiagnose durch das Aufzeichnen mehrerer interferierender Fetalzackenrhythmen brauchbar. Ferner liefert das fetale Elektrokardiogramm Aussagen über den Reifegrad des Kindes. Die Diagnose der Übertragung läßt sich am Elektrokardiogramm jedoch nicht nachweisen. Schließlich kann die fetale Elektrokardiographie bei Untersuchungen über zeitliche Wechselbeziehungen von mütterlicher und kindlicher Herzaktion angewendet werden.

Im mittleren Schwangerschaftstrimenon, wo die Fruchtachse oft schwer festzustellen ist, erwies sich die fetale Elektrokardiographie als eine mit erheblichen Fehlermöglichkeiten belastete Methode. Für die erfolgreiche Registrierung eines fetalen Elektrokardiogramms ist neben exakter Ableitmethodik ein hochverstärktes Spezialgerät unbedingt erforderlich. Auch das Auswerten der Kurven ist weitgehend an eine Fachkraft gebunden. Somit erscheint die Methode wegen des apparaturbedingten Aufwandes für die Allgemeinpraxis und für kleinere Krankenhäuser nicht sehr geeignet. Die fetale Elektrokardiographie vermag hingegen großen Kliniken mit speziellen Fragestellungen als zusätzliche Untersuchungsmethode einen brauchbaren Beitrag zu liefern.

Am Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Frau Dr. Sylvia Kornhas und Herrn Professor Dr. G. Martius für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung bei der Ausarbeitung der Dissertation zu danken.

Herrn Professor Dr. W. Bickenbach spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus für die Übernahme des Korreferates und für die Annahme der Arbeit.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Cremer, Max: Über die direkte Ableitung der Aktionsströme des menschlichen Herzens vom Ösophagus und über das EKG des Fötus. Münchner Med. Wschr. 1906, 17:811
- 2) Sachs, H.: Elektrokardiogrammstudien am Fötus in utero. Pflüger's Arch. für die ges. Physiologie 1922, 197:536
- 3) Haynal, J. u. Kellner, D.: Elektrokardiogrammstudien am Fötus in utero. Zschr. Klin. Med. 58 (1924), S. 365
- 4) Rech, W.: Untersuchungen über die Herztätigkeit des Fetus. Arch. Gynäk. 145 (1931), S. 714
- 5) Maekawa, M. u. Toyoshima: The fetal Elektrokardiogram of the Human Subject. Acta scholae med. univ. imp. in Kioto 12 (1930), S. 519
- 6) Steffan, H. u. Strassmann, E.: Das fetale EKG. Zentralblatt für Gynäk. 11 (1933), S. 1370
- 7) Strassmann, E. u. Mussey, R.: Technic and Results of Routine Fetal Electrocardiography during Pregnancy. Am. Journal of Obstetrics and Gynecology 36 (1938), S. 986
- 8) Bell, G. H.: The Human Foetal Electrocardiogram. Journal Obstetr. Gynaek. Brit. Empire 45 (1938) S. 802
- 9) Johnson, A.: An Unexpected Electrocardiogram of the Fetus. J. Amer. Med. Assoc. 111 (1938), S. 916
- 10) Strassmann, E.: Fetale Elektrokardiographie, eine graphische Methode zur Bestimmung des kindlichen Lebens vor der Geburt. Schweiz. med. Wschr. 69 (1939), S. 217
- 11) Pütz, T. u. Ullrich, O.: Fortschritte auf dem Gebiet der fetalen Elektrokardiographie-Forschung. Arch. Gynaek. 171 (1941), S. 199
- 12) Dressler, M. u. Moskowitz, S. N.: Fetal Electrocardiography and Stethography. Amer. J. Obstetr. Gyn. 41 (1941) S. 775
- 13) Mann, H. u. Bernstein, J.: Fetal Electrocardiography. The Amer. Heart Journal 22 (1941), S. 391

- 14) Ward, J. W. and Kennedy, J. A.: The recording of the Fetal Electrocardiogram. Amer. Heart Journal 23 (1942), S. 64
- 15) Eichler, W. u. Clarus: Darstellung eines fetalen Elektrokardiogramms am Ende des 6. Schwangerschaftsmonats. Zlb. Gynäk. 67 (1943), S. 1682
- 16) Bortler, W.: Beitrag zur Fetalen Elektrokardiographie. Mschr. Geburtsh. 116 (1943), S. 9
- 17) Ullrich, O. u. Pütz, T.: Erweiterte Diagnostik fetaler Elektrokardiographie. Arch. Gynäk. 175 (1944) S. 295
- 18) Blondheim, S. H.: Technique of the Fetal Electrocardiography. 34 (1947), S. 35
- 19) Pütz, T. u. Rommelspacher, M. u. Wolff, A.: Studien mit der Direktschreibermethode bei der Darstellung des Fetalen EKGs. Arch. Gynäk. 177 (1950), S. 630
- 20) Vara, P. a. Niemieva, K.: On Electrocardiograms taken direct from the Human Fetus in Utero. Gynaekologia 132 (1951), S. 241
- 21) Schömig, G.: Über die Verwendung des pränatalen EKG zur Zwillingsdiagnose und bei Verdacht auf Fötus mortuus. Ztrbl. f. Gynäk. 75 (1953) S. 50
- 22) Wimmer, P.: Das Abdominal-EKG und seine Leistung für die geburtshilfliche Diagnostik. Münch. med. Wschr. 95 (1953), Nr. 5, S. 167
- 23) Schömig, G.: Technische und methodische Fortschritte der Abdominalelektrokardiographie. Ztrbl. f. Gynäk. 76 (1954), S. 50
- 24) Wimmer, P.: Ergebnisse der Abdominalelektrokardiographie. Geburtshilfe u. Frauenheilkunde 14 (1954) S. 2
- 25) Räika, C. E.: Acta paediatr. 18 (1936), S. 440
- 26) Holzmann, M.: Klinische Elektrokardiographie. Einflüsse des Lebensalters auf das EKG. Stuttgart 1961
- 27) Poppe, H.: Experimentalarbeit zur physikalischen Staatsprüfung. Würzburg 1953
- 28) Mann a. Bernstein: Fetal Electrocardiography. Am. Heart Journal 22 (1941), S. 390

29) Plant, P. K.:

Complete A-V Block in a Fetus.

Am. Heart Journal 30 (1944), S. 615

LEBENS LAUF

Am 27.2.1939 wurde ich in Elbing/Westpreußen geboren. Aufgewachsen bin ich in Leer/Ostfriesland als Tochter des Diplom-Ingenieurs Carlo Cramer und seiner Ehefrau Ruth, geborene Ewert.

Am 23.12.1963 schloß ich die Ehe mit dem Rechtsanwalt Dieter Tecklenburg aus München, aus welcher ein Sohn Andreas, geboren am 16.12.1964, hervorging.

Nach vierjährigem Besuch der Volksschule trat ich in das Gymnasium für Mädchen in Leer ein und bestand dort nach 9 Jahren das Abitur.

Das Studium der Medizin begann ich an der Universität Göttingen, legte dort nach 2 Semestern das Vorphysikum ab, studierte dann an der Universität Kiel und beendete das 5. Semester mit dem Physikum. Nach einem Semester Studium an der Universität in Paris studierte ich seit dem 7. Semester an der Universität München und beendete hier das Medizinstudium am 19.6.1964 mit dem Staatsexamen.

Die Medizinalassistentenzeit habe ich am 1.8.1965 an der I. Universitäts-frauenklinik München begonnen und bin seit dem 1.12.1965 als Medizinalassistentin an der Chirurgischen Universitätsklinik München tätig.

